

*Fundamentos de Agricultura Ecológica 2003*  
*Colección Ciencia y Técnica nº 41*  
*Ediciones de la Universidad de Castilla La Mancha: 175-193*

## **ALTERNATIVAS AL USO DE HERBICIDAS**

Carlos Lacasta Dutoit

CSIC Centro de Ciencias Medioambientales, Finca Experimental “La Higuera”  
45530 Santa Olalla, Toledo, [csic@infonegocio.com](mailto:csic@infonegocio.com).

En Agricultura Ecológica se considera la flora arvense como un componente más del agrosistema que complementa al conjunto, nos enseña sobre la naturaleza del terreno y la fertilidad de los suelos y se propone el manejo de la misma como aliada antes que como enemiga. El control de las especies arvense no debe consistir en erradicarlas sistemáticamente, sino en mantener siempre las poblaciones en densidades aceptables económicamente (Nogueroles y Zaragoza, 1999).

Las malas hierbas poseen cualidades beneficiosas que no por ignoradas son menos importantes: actúan como estabilizadores del suelo controlando la erosión, crean microclimas favorables para los microorganismos del suelo, suministran materia orgánica, constituyen hábitats adecuados de insectos aves, etc., algunas son indicadoras del tipo de suelo o clima (Valera *et al.*, 1999),

Por ello el mantenimiento de los márgenes de los cultivos y setos es una medida necesaria para la conservación de flora natural así como un reservorio para especies arvense. El manejo de los agrosistemas no se restringe solamente a la conservación de ciertos elementos en el paisaje que aumente la diversidad del mismo, sino también a la creación y fomento de nuevos hábitats. La presencia de nuevos cinturones de vegetación (setos) que une hábitats naturales dentro del paisaje agrícola sería una técnica eficaz para incrementar la diversidad de artrópodos, predadores, aves, etc.

En cualquier caso el mantenimiento y creación de setos implica un cambio en la mentalidad de los agricultores que contemplan estos sitios como sumideros de plagas a partir de los cuales se produce la invasión del cultivo. Este punto de vista es al menos cuestionable, ya que la misma sucesión ecológica determina especies distintas que las presentes en el cultivo. En los estudios realizados en la finca experimental “La Higuera” en un experimento de agricultura ecológica de cereales de dos hectáreas rodeado por un seto implantado a la vez, hace siete años, se comprueba que el número de especies herbáceas autóctonas presentes en el seto es de 65 frente a las 22 que hay en el experimento de cereales, siendo las especies más abundantes los *Bromus madritensis*, *diandrus* y *hordeaceus*, especies que no aparecen en la zona cultivada.

En ocasiones, se ha definido a las especies arvense como plantas que el hombre aún no ha sabido emplear. La verdolaga (*Portulaca oleracea*), el cenizo

(*Chenopodium album*), la *Salsola kali*, fueron cultivadas antiguamente para distintos usos. En África donde la escarda es frecuentemente manual se usan las especies arvenses como fuente de alimento para el ganado (Zaragoza, 1998).

La diversificación de la población arvense puede reducir las poblaciones de las plagas. Al diversificar las plantas arvenses se influye en la densidad de los insectos permitiendo su equilibrio, e imponiendo una mayor mortalidad sobre las plagas (Altieri, 1999).

No obstante hay que considerar el riesgo de crecimiento de las poblaciones de las malas hierbas en aquellos casos en las que no se cometa su control. Recordar el viejo dicho **“un año semillado, siete años de escardado”**, debido a la persistencia de la semilla en el suelo (Fernández Quintanilla, 1999).

En la actualidad unas 250 especies son consideradas como malas hierbas, aunque, como es sabido, este concepto no es biológico sino antropológico. Se dispone de más de 900 productos comerciales en España y los agricultores se han gastado más de 20.000 millones de ptas. en herbicidas, el 28 % de las ventas de pesticidas en 1995 (Zaragoza, 1998). Las malas hierbas son, después de las limitaciones ambientales, la causa principal en la disminución de productividad en nuestros cultivos. Las pérdidas de cosecha se sitúan entre un 15 y 90 %. (Lacasta, 1995)

Si analizamos las estrategias utilizadas a lo largo de la historia, observamos que el método más frecuentemente utilizado hasta bien entrado el siglo XX ha sido el de la escarda manual acompañada con una rotación con barbecho (año y vez) (Benaiges, 1964). Estos métodos, con la aparición de los herbicidas, fue relegándose hasta su total desaparición.

La utilización masiva y constante de los herbicidas en los sistemas agrarios se viene realizando durante décadas. El carácter selectivo de la mayoría de estos productos, ha tenido como consecuencia una inversión de la flora espontánea, y una disminución del número de especies, con lo que las especies y el número de individuos de cada especie que encontramos no tiene nada que ver, probablemente, con la diversidad biológica existente en el caso de no efectuar alteraciones artificiales.

Haciendo eco de la pregunta que se hacía Zaragoza (1998) ¿Es mejor para un cultivo ser infestado por una comunidad arvense pobre en especies, pero muy densa como sucede en los campos donde se repite la aplicación de un tipo de herbicida o por una población rica en especies y pobre en individuos?, la respuesta tanto suya como mía es que la segunda alternativa es mejor.

Además, estudios avalados por la Sociedad Española de Malherbología, denuncian un claro aumento de la resistencia de las plantas a los herbicidas, sobre todo en los cultivos en que se utilizan de forma importante y reiterada estas sustancias (CPRH 1999).

La mayoría de los herbicidas comercializados son poco tóxicos para fauna de los agrosistemas, sin embargo, los efectos indirectos son notables. Según Eggers (1987) en Europa Central unas 100 especies de malas hierbas de cultivos son hospedadoras de unas 1200 especies fitófagas. De acuerdo con la proporción 12:1, una disminución en la densidad y diversidad de especies vegetales podía producir una disminución de especies animales mucho mayor.

Pero a pesar de todos los problemas que producen la utilización de los herbicidas, la opinión generalizada es que sin el uso de herbicidas la agricultura no puede ser ni sostenible ni económicamente viable, como ejemplo de esta opinión valga la de D. Luis García-Torres (1999), profesor de investigación del CSIC, presidente de la Asociación de Agricultura de Conservación de España, miembro destacado de la Sociedad de Malherbología, en otras palabras investigador reputado nacional e internacionalmente que dice: El problema de las malas hierbas es crónico y permanente. Hay que controlarlas todos los años en todos los cultivos, la tecnología predominante para el control de malezas hoy día es el uso de herbicidas y previsiblemente así lo seguirá siendo durante mucho tiempo. Por otro lado no es realista en un país desarrollado como es España, imaginar una agricultura sostenible, o sea, también económicamente viable, sin usar herbicidas.

Hasta ahora los métodos no químicos han adolecido de falta de investigación científica y de un menor desarrollo tecnológico y de ahí su menor credibilidad. El conocimiento de la ecología de la flora arvense es primordial para utilizar la estrategia más adecuada. En la interferencia entre las plantas cultivadas y las arvenses no influyen solamente la densidad y la disposición espacial, sino también el tipo de crecimiento y la edad (tamaño) de las plantas. Las variedades cultivadas que tengan un crecimiento más rápido en los estados iniciales serán mejores competidoras con las malas hierbas. La competencia variara dependiendo de las especies, densidades, cultivos, sistemas de manejo y factores ambientales. Y por ultimo deberemos considerar el periodo crítico de competencia entre las malas hierbas y los cultivos, el cual se define como el espacio de tiempo en el que la presencia de las malas hierbas implica una pérdida medible del rendimiento y nos señala el mejor momento de escarda.

Las poblaciones de malas hierbas no sufren cambios importantes en su tamaño a corto plazo, no desaparecen bruscamente ni tampoco llegan a constituir una epidemia de forma rápida. La existencia de un banco de semillas y propágulos vegetativos en el suelo contribuye a mantener estos niveles sin oscilaciones bruscas. Para valorar la importancia de este reservorio, basta decir que el número medio de semillas viables que se encuentran en los 25 primeros centímetros del suelo oscila entre 4.000 y 80.000 por  $m^2$ , con valores medios del orden de 25.000 semillas/ $m^2$  ( Dorado, 1995) Por tanto, el estudio del potencial de semillas del suelo es el mejor indicador de la presencia de malas hierbas en las parcelas cultivadas.

Afortunadamente el porcentaje de semillas que germinan y son capaces de establecerse como plántulas es muy bajo (entre 1-10 %), debido a factores tales

como: condiciones climáticas o edáficas, malas hierbas presentes, dormición de las semillas de estas especies y condiciones de la superficie del suelo. De este modo, las practicas agrícolas influyen en la composición florística presente en un cultivo y si se produce un cambio en el manejo de cultivos, éste provoca a su vez un cambio en la composición de malas hierbas, denominándose a este proceso inversión de flora.

A continuación y siguiendo la estructura de exposición propuesta por Noguerols y Zaragoza (1999) hacemos un repaso de los diferentes técnicas empleadas en Agricultura Ecológica para el control de la flora arvense haciendo hincapié en aquellas experimentadas en la finca experimental “La Higuera”, y que están relacionadas con los manejos de agrosistemas de secano de Castilla – La Mancha.

### **Estrategias de prevención- reducción**

a) Actuando sobre el banco de semillas del suelo, previniendo la entrada de semillas.

- Setos: impiden la llegada de semillas y su dispersión por vía aérea
- Utilizar solo estiércoles y compost muy maduros, ya que pueden ser una fuente muy importante de semillas.
- Evitar la entrada de ganado que haya pastado en campos infestados.

b) Reduciendo la viabilidad de germinación:

- Solarización: Es caro y se aplica en cultivos de regadío e invernadero. No es eficaz en las especies con gruesa cubierta seminal (leguminosas) o propágulos con abundante reservas ( *Sorgum helepense*) o aquellas que son capaces de nacer desde capas profundas del suelo (*Cyperus*).
- Inhibición por alelopatía . Hay referencias que indican la capacidad de determinadas variedades de algunas especies que poseen la capacidad de inhibir el crecimiento de malas hierbas.

c) Actuando antes o después del cultivo.

- Rotaciones que rompen el ciclo de malas hierbas que se adaptan al, cultivo principal, alternando los cultivos poco competitivos (Zanahorias, nabos, cebolla) con los más competidores (patata, maíz alfalfa).

Entendemos como rotación la sucesión de cultivos que se implantan en una misma tierra un número fijo de años. La rotación de cultivos es el sistema de manejo más adecuado para mantener la sustentabilidad de un agrosistema. Son beneficiosas en los siguientes términos:

- Evitan el agotamiento del suelo. Cada especie explora un determinado volumen y a una determinada profundidad.
- Se produce una mejor gestión de los recursos hídricos del suelo.

- Permiten gestionar la humedad y temperatura del suelo para descomponer los residuos orgánicos incorporados.
- La presencia de especies mejorantes aumenta la fertilidad del suelo.
- Aumenta la solubilización de reservas.
- Disminuyen el riesgo de parásitos y enfermedades.
- Mejoran el control de hierbas,

Cuando existe monocultivo, se provoca la proliferación de aquellas malas hierbas invernales tales como *Avena sterilis* L. (avena loca), *Lolium strictum* C. Presl (vallico), *Veronica hederifolia* L. y *Veronica trihyllus* L. (verónicas). (Dorado *et al.*,1997).

En el caso de alternar el cultivo de cereal con una leguminosa se favorece el desarrollo de especies ávidas en nitrógeno, como son *Capsella bursa-pastoris* Moench. (bolsa de pastor), *Lactuca virosa* L. (lechuga borde) y *Papaver rhoeas* L. (amapola), (Dorado *et al.*,1997).

Aparte de estas razones técnicas, existen otras no menos importantes de tipo económico que hacen imprescindible la supresión de los monocultivos en beneficio de las rotaciones en las explotaciones de cultivos herbáceos extensivos:

- La diversificación reduce los riesgos de daños por heladas, sequías, pedriscos, etc.
- Se produce un empleo más racional de la mano de obra.
- Hay un aprovechamiento mas eficaz de los recursos de las explotaciones (maquinaria, materias primas, capital.).

Hay unanimidad al referirse a los efectos beneficiosos de las rotaciones en los sistemas cerealísticos y que estos son suficientes para mantener las poblaciones de malas hierbas dentro de niveles que no interfieren en las producciones (García Muriedas *et al.*, 1997 y Zaragoza *et al.*, 2000). Incluso hay un incremento del rendimiento del cereal (Goldsten y Young, 1987; Lippold y Mouchova, 1994; Lacasta y Meco, 1996).

- Alternar plantas con diferentes vegetaciones
  - Cultivos de hoja: acelgas, coles, espinacas, lechugas...
  - Cultivos de raíz y tubérculos: patatas, nabo, remolacha...
  - Cultivos de bulbo: ajo, cebolla, puerro...
  - Cultivos de fruto: melón pepino, tomate, sandia.
- Alternar gramíneas y dicotiledóneas como cereal y girasol ya que se facilita la escarda.
- Alternar cultivo de ciclo distinto: cereal y patata.
- Evitar que se sucedan dos cultivos de la misma familia botánica:
  - Solanáceas: patata, tomate, pimiento...
  - Umbelíferas: apio y zanahoria.

- Introducir regularmente una leguminosa
- Alternar plantas que requieran un fuerte abonado orgánico (patata, maíz, espárrago) con plantas menos exigentes (acelga, espinaca, lenteja).
- Introducir regularmente el barbecho blanco. Esto permite un drenaje del banco de semillas
- Falsa siembra: consiste en preparar la cama de siembra como si esta se fuese a realizar, dejar germinar las malas hierbas y luego erradicarlas.

d) Actuando durante el cultivo:

- Fecha de siembra: adelantando o retrasando la siembra en función de las hierbas que se quieran eliminar
- Acolchados:
  - Orgánicos: pajas, restos vegetales de cultivo, virutas, etc.
  - Plásticos: Existen diferentes tipos de material. Hay que recordar que estos tipos de plásticos opacos no calientan el suelo, ni inducen mayor precocidad. Al tratarse de un producto sintético hay que recogerlo después de su uso.
  - Minerales: enarenados, piedras, picón, cenizas volcánicas, etc..
- Variedades: Algunas variedades de especies cultivadas, por sus características morfológicas muestran una diferencia apreciable de comportamiento frente a las invasiones de flora arvense. En cereales el trigo “Aragón” Y la cebada “Albacete” y el centeno tienen una gran capacidad competitiva por su altura

De forma general, las variedades de trigo de menor talla se ven más reducidas en su rendimiento que las de mayor talla en presencia de 20 plantas de avena loca/m<sup>2</sup> y con diferentes fertilizaciones nitrogenadas (Fig. 1). Los números subíndices son los kg de nitrógeno/ha. (Gonzalez-Ponce, 1995)

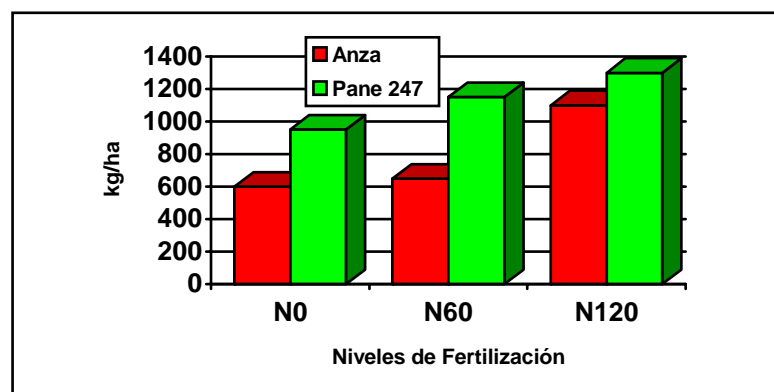


Fig.1- Efecto de la competencia de *Avena sterilis* sobre los rendimientos de trigo

- Densidades: Aumentando el número de plantas por unidad de superficie. En los experimentos realizados en la finca “La Higuera” (García Muriedas *et al.*, 1997) en diferentes rotaciones de cereales y con distintas densidades de siembra y durante siete años no han mostrado diferencias en los niveles de infestación por malas hierbas por efecto de las densidades y las diferencias se mostraban por efecto de la rotación (Tabla 1).

Tabla 1. Efecto de diferentes rotaciones sobre la flora arvense.

	Monocultivo Cebada	Rotación cebada-girasol	Rotación cebada-veza
Nº plantas/m <sup>2</sup>	83	10	14
Nº de especies	34	10	14

Las producciones tampoco mostraron diferencias por efecto de las distintas densidades de siembra en el cereal cuando estaba en rotación con otro cultivo (Fig. 2), y si cuando era un monocultivo de cereal.

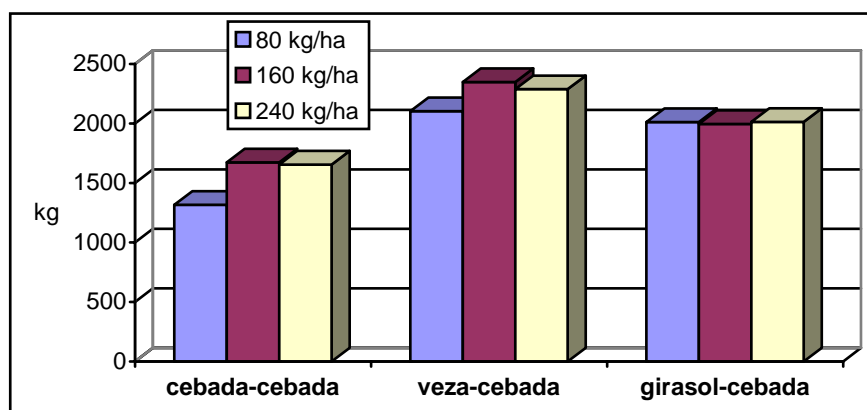


Fig. 2.- Producción de cebada (media de 8 años) considerando diferentes densidades de siembra y rotaciones de cultivo.

- Marcos de siembra: El agricultor castellano utilizaba habitualmente el cultivo con aricado, que consistía en esparcir la semilla a mano por igual sobre todo el campo, donde previamente se había surcado con un arado común (romano). La mayor parte de la semilla caía en el fondo de los surcos y a continuación se partían los lomos por la línea media quedando la semilla enterrada. Las plantas salían en fajas y en los entresurcos se desarrollaba pronto la vegetación espontánea. La práctica del aricado consistía en dar labor a esos entresurcos con el arado común dos o tres veces al año. Era tan extendida esta práctica que en Castilla había un conocido proverbio que decía: “quien en Castilla no arica, sus trigos no los cosecha”.

Cuando se inició la siembra mecanizada en líneas equidistantes de 15-20 cm, uno de los problemas que tuvo su implantación es que no podían hacerse las

labores de arico y la utilización de gradeos al cultivo no era suficiente para el control de las hierbas. Fue entonces cuando se iniciaron los estudios de la siembra en líneas agrupadas, que permitía poder realizar en el cultivo binas repetidas. En España es Carmelo Benaiges (1964) quien recogió la experiencia acumulada e investigó y desarrolló desde 1920-60 el método de líneas agrupadas en los cultivos herbáceos de secano. Este método, con la aparición de los herbicidas, fue relegándose hasta su total desaparición.

Con la siembra de líneas agrupadas, la agricultura ecológica extensiva de secano se beneficia del laboreo superficial entre fajas ya que favorece la aireación del suelo y por tanto la actividad biológica que interesa al compostado de los restos de cosecha incorporados al sistema como elemento fertilizante. De igual forma, se favorece la actividad de bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico como los *Azotobacter*, que obtienen este elemento de la atmósfera confinada en el suelo. La siembra en fajas es también un buen elemento de control de la erosión cuando se realizan siguiendo las líneas de nivel, ya que se convierten en pequeñas terrazas elementales.

Se valoró la eficacia de métodos mecánicos tradicionales de control de hierbas espontáneas (líneas agrupadas y pase de rastra de púas flexibles) frente al tratamiento químico convencional y un testigo sin escarda (Lacasta *et al.*, 1997), y se observó que hay una disminución gradual de las poblaciones de malas hierbas según tratamientos: Testigo > Grada > Líneas agrupadas > Químico. En la grada, aunque las poblaciones son menores que en el testigo, no siempre mostraron diferencias significativas, hubo años que el control de algunas hierbas supuso el 70% y otros, debido al estado del terreno (muy seco), o al desarrollo de las hierbas el control no llegó ni al 20% (Fig 3). El tratamiento en líneas agrupadas mostró diferencias significativas con el testigo en tres de las siete especies estudiadas pero lo más interesante es que, con respecto al químico, no hay diferencias en cinco de ellas: (*Anthemis*, *Capsella*, *Papaver*, *Polygonum* y *Spergularia*); ni en el número total de plantas. En el tratamiento químico, como era de esperar, el número de especies es menor que en el resto.

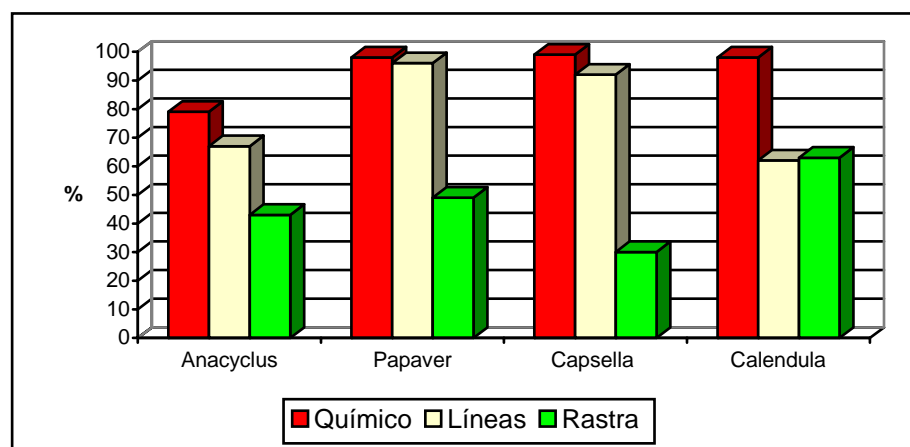


Fig. 3.- Control en % de algunas especies arvenses con diferentes manejos.



Pero aunque había diferencias en la cantidad de malas hierbas por unidad de superficie en función de la escarda utilizada cuando observamos las producciones comprobamos que en ningún año de los cuatro estudiados se presentaban diferencias significativas (Fig. 4). Esto era debido porque el experimento estaba sometido a una rotación de cultivo, confirmándose una vez más que la rotación de cultivos en los agrosistemas de cereales es la mejor estrategia para el control de malas hierbas.

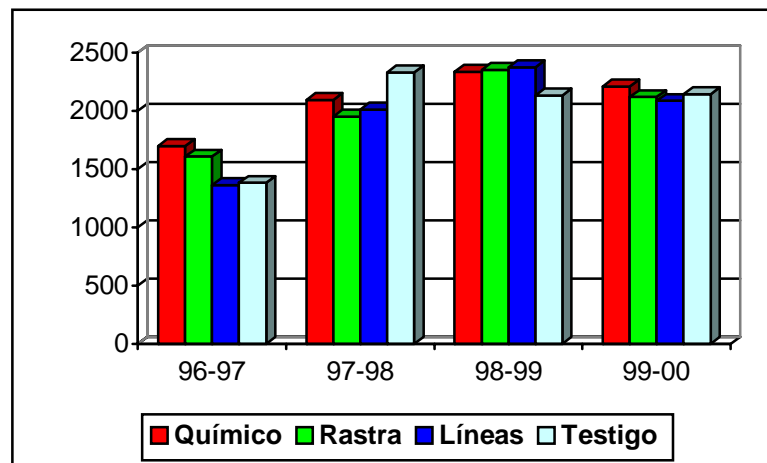


Fig. 4.- Producción de cereal sometido a diferentes escardas.

- Cultivos asociados: consiste en cultivar varias especies al mismo tiempo y en vecindad, la competencia de malas hierbas puede ser reducida por una combinación de especies que ocupen uno o más nichos en el campo como podría ser el caso de maíz/soja y la avena como cultivo asociado a la alfalfa que ha sido utilizada para incrementar la biomasa del primer corte y reducir la presencia de las arvenses sin utilizar herbicidas.
- Las cubiertas vegetales: es un caso particular de empleo de la competencia de dos o más cultivos que, sin llegar a interferirse, son capaces de cubrir el suelo, explorando con las raíces zonas distintas. La cobertura vegetal puede ser temporal o permanente según las necesidades hídricas. Las cubiertas vegetales originan un perfil biológico ideal del suelo, pero la competencia por agua y nutrientes hacen difícil compatibilizar el cultivo con la cubierta de flora arvense. Sin embargo, durante el otoño e invierno se puede mantener ya que entonces la competencia es mínima con el arbolado y sirve para disminuir problemas de erosión, compactación “aguado”, permite la pervivencia de la fauna útil, aumenta los niveles de infiltración y materia orgánica.

En el manejo tradicional de la viña en los sistemas semiáridos, se extrae toda la biomasa producida por el sistema: la uva como producto económico, los sarmientos como residuo y las plantas herbáceas al ser consideradas como plantas competitivas para la viña son eliminadas prácticamente en estado de plántula. Con este manejo se obtiene un balance energético negativo ya que es extraída toda la

energía acumulada en el cultivo y además no se permite la posibilidad de que se fije en las plantas herbáceas acompañantes del cultivo. Este proceso lleva inexorablemente a una degradación de este agrosistema que para mantenerlo necesita el aporte de residuos orgánicos externos (Lacasta, 1995).

Por otra parte, los cultivos leñosos sufren problemas de erosión de forma mucho más grave que los herbáceos. Este hecho es particularmente grave en condiciones de secano, donde tradicionalmente se eliminan la flora herbácea muy pronto y se mantiene el suelo desnudo, para limitar la competencia por agua. Si bien las técnicas del mínimo laboreo y no-laboreo, permiten paliar el problema, aunque el suelo permanezca sin protección, no consiguen aumentar suficientemente la velocidad de infiltración del agua debido al endurecimiento del mismo. Como consecuencia, tras unas lluvias intensas, se producen cárcavas a veces demasiado profundas que llegan a impedir el tránsito de la maquinaria. De ahí, el utilizar cubiertas vivas como método para luchar contra la erosión. Las raíces de las plantas que forman la cubierta vegetal, mullen el suelo, constituyen un fuerte entramado de sujeción, al mismo tiempo que proporcionan canales de infiltración para el agua cuando mueren. Por otro lado, la parte aérea protege el suelo e impide el impacto directo de las gotas de lluvia, evitando su degradación, constituyendo, además, un entramado que reduce la velocidad del agua en caso de que se produzca esorrentía.

Las cubiertas vegetales en la viña es una técnica muy empleada desde antiguo en zonas de pluviometría elevada y especialmente en viñedo con pendiente (Lisa, 1995), mientras que en zonas de baja pluviosidad, es conocido el efecto depresivo sobre la vegetación ya que puede ser negativo sobre la producción (Zaragoza y Delgado, 1996). Sin embargo, las cubiertas vegetales cumplen su función siempre que su periodo de crecimiento sea en invierno y primavera, ya que la competencia por el agua es prácticamente nula; hasta el cuajado del fruto, la vid necesita sólo unos  $30 \text{ l/m}^2$  para cubrir sus necesidades hídricas (Lissarrague, 1997). La cuestión está en conseguir que la cubierta vegetal permita dejar el suelo a partir del cuajado en las mismas condiciones hídricas que aquellos que han sido labrados, con lo que bien manejada, permitirá luchar contra la erosión, y aumentar los niveles de materia orgánica y de nitrógeno en caso de utilizar leguminosas (Legasa, 1992). Si además le acompañamos con enterramiento de sarmientos equilibraremos el balance energético. Los resultados más destacables de este experimento fueron:

Las cubiertas vegetales en viña de zonas semiáridas, son un buen método para el control de la erosión, aumentan los niveles de materia orgánica, infiltran más agua, genera biodiversidad pero han producido un 30 % menos de uva, en la media de los tres años.

Las cubiertas de vegetación arvense autóctona, pueden mantenerse hasta el momento de la brotación de la viña, sin perjuicios para la producción.

La mayor presencia de leguminosas en la evolución de las cubiertas vegetales de vegetación autóctona (malas hierbas), pueden hacer innecesario la introducción de especies mejorantes.

- Abonos verdes: su objetivo principal es mejorar la estructura del suelo e incrementar el contenido de nutrientes pero también tiene una acción asfixiante sobre las malas hierbas
- Fertilización: una de las mejores medidas del control de las hierbas es estimular el crecimiento del cultivo, lo que, normalmente se consigue con la fertilización. En un experimento donde se estudia dicho efecto se comprobaba que las rotaciones que estaban fertilizadas pero sin herbicidas (Meco *et al.*, 2000) el número de especies y plantas de flora arvense por m<sup>2</sup> era menor que las que estaban sometidas a manejo ecológico sin fertilización (Fig. 5).

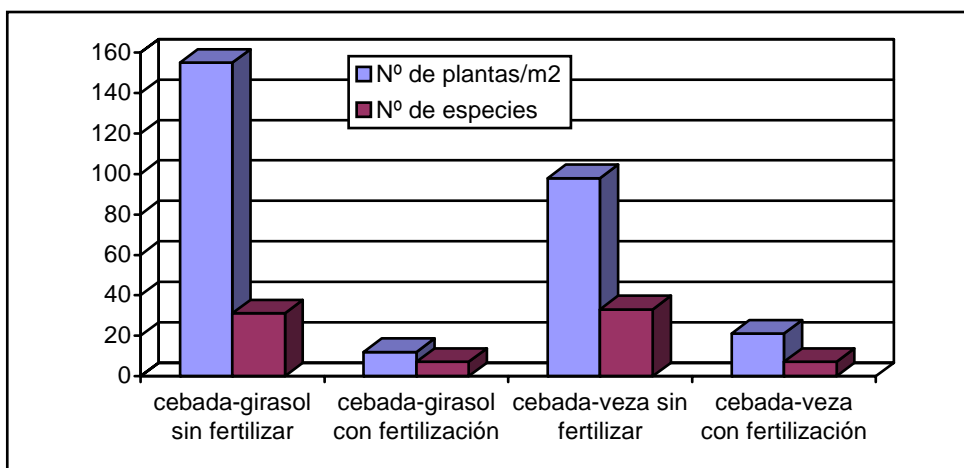


Fig. 5.- Efecto de la fertilización, manejo convencional(conv), en la evolución de la flora arvense acompañante del cultivo de cebada

A pesar de las diferencias en el número de plantas por metro cuadrado que se presentaba por efecto de la fertilización, la productividad puede no verse afectada por la competencia de las malas hierbas. En un experimento que se realizó en 7 localidades distintas de España con ambientes agro edáficos distintos, se comprobaba (Zaragoza *et al.*, 2000), que las diferencias de producción por efecto de las malas hierbas era inferior a un 2 %, cuando el cereal se sometía a una rotación de cultivos. Se ha demostrado que la relación entre la densidad de las malezas y los rendimientos de los cultivos es hiperbólica, cuando se estudian bajas densidades, que es una situación frecuente en la realidad el rendimiento no se ve significativamente afectado (Fig.6 y Fig. 7).

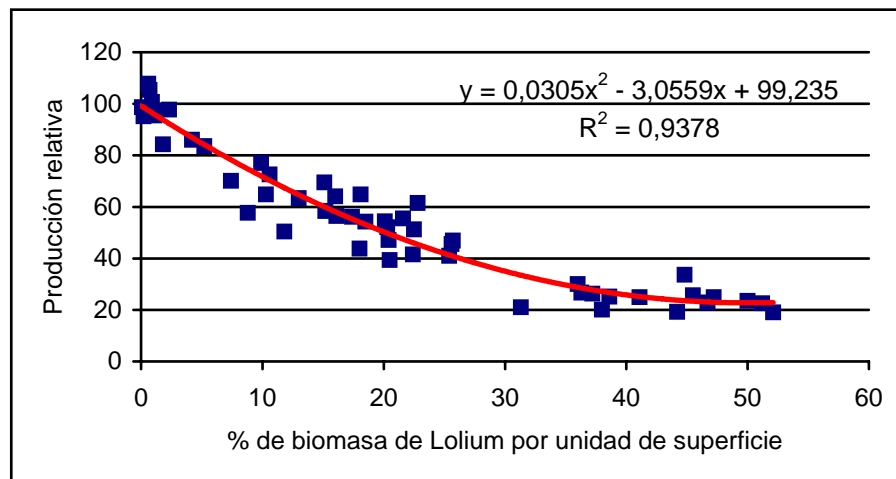


Fig.6.- Efecto del nivel de infestación de *Lolium rigidum* y producción de cebada

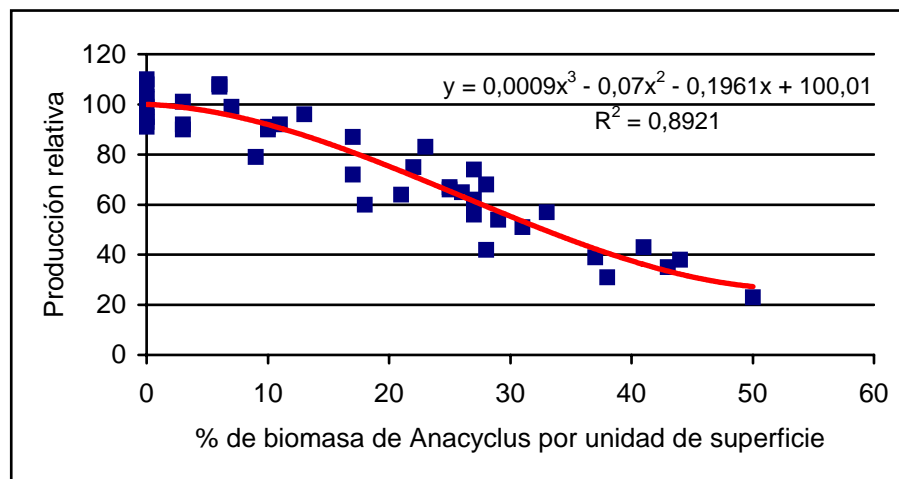


Fig.7.- Efecto de la infestación de *Anacyclus clavatus* sobre la producción de cebada

Los datos en las dos hierbas se ajustan bastante bien a una curva de regresión, en el caso del *Lolium* a una curva de segundo orden y en *Anacyclus* a una de tercer orden.

En el caso del *Anacyclus* infestaciones de hasta un 10% de biomasa por unidad de superficie no afecta a la producción de cebada en cambio en el caso del *Lolium* a partir de un 2 % afecta a la productividad de grano de cebada. El 2% de biomasa de *Lolium* supone alrededor de 70 espigas de *Lolium* y el 10% de *Anacyclus* 170 plantas. El periodo crítico de competencia entre las malas hierbas y los cultivos, se define como el espacio de tiempo en el que la presencia de las malas hierbas implica una pérdida medible del rendimiento y nos señala el mejor momento de escarda, en el caso que nos interesa observamos que dependiendo del tipo de hierba bien sea de otoño (*Lolium*) o de invierno (*Anacyclus*), el periodo de

competencia es distinto, siendo en el caso del *Lolium* muy temprano y por tanto los efectos sobre los rendimientos más acusados.

### **Intervenciones**

- a) Mecánicas: la escarda, manual y los laboreos son los procedimientos más sencillos para controlar las especies arvenses. El objetivo es impedir el semillado de estas especies por lo que es esencial la oportunidad de la intervención, que también vendrá condicionada por las condiciones meteorológicas. Pero dependiendo del tipo de laboreo que se realice afectará a unas u otras especies.

En las especies perennes el objetivo ha de ser agotar las reservas radiculares o rizomatosas, a base de realizar *cortes* en la parte aérea, estimulando la brotación. Por ello es necesario ajustar el laboreo al rebrote (cada 15 ó 20 días) hasta agotar los nutrientes.

- *Labores previas a la siembra*: El laboreo con vertedera favorece principalmente a las siguientes malas hierbas: *Avena sterilis* L. (avena loca), *Lolium strictum* C. Presl. (vallico), *Poligonum aviculare* L. (cien nudos) y *Fumaria officinalis* L. (fumaria o sangre de Cristo), (Dorado et al., 1997)

En los sistemas de laboreo de conservación (laboreo superficial) se favorece el desarrollo de algunas especies que hasta el momento no planteaban problemas como: *Scandix pecten-veneris* L. (peine de Venus), *Bromus tectorum* L. (bromo), *Caucalis daucoides* L. (cadillo), *Conyza canadensis* L. (zamarraga), *Convolvulus arvensis* L. (correhuela) y *Cynodon dactylon* L. (grama). También el laboreo reducido, favorece las especies con semillas de tamaño pequeño como *Anacyclus clavatus*, *Arabidopsis thaliana* y *Draba verna*. (Dorado et al., 1997)

- Gradas de púas o varillas flexibles: Está indicado principalmente en cereales y se actúa con el cultivo en fase de ahijado, el inconveniente es que se debe dar las condiciones de suelo en tempero con la superficie seca y no controla bien gramíneas ni plantas, muy enraizadas. Como se ha indicado en el método de marcos de siembra y dependiendo de la situación del suelo y el desarrollo de las hierbas, el control en nuestros experimentos varió entre el 20 y el 70 %..
- Cepillos rotatorios: Muy adecuado para líneas de trabajo sobre cultivos hortícolas.
- El laboreo nocturno: Se basa en evitar que le dé la luz a las semillas en el breve lapso de tiempo que tarda el apero en descubrirlas. Ya que muchas semillas de hierbas requieren luz para su germinación (Ballare et al., 1992)

y Frankland y Taylorson, 1983). A plena luz del día, con un flujo de fotones aproximado de 2000  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ , la exposición en pocos milisegundos es suficiente para promover la germinación en la mayoría de las semillas sensibles a luz (Scopel *et al.*, 1991). Este fenómeno, teniendo en cuenta la necesidad de trabajar de día se reproduce por método de una lona que cubre el apero hasta el suelo.

En el experimento que se realizó en la finca (Dorado *et al.*, 1994) se comprobaba que el número de especies de hierbas aparecidas en cada uno de los tratamientos estudiados se clasificaban en orden descendiente según el siguiente orden: testigo>cultivador>herbicida>rotovator>rotovator con lona>rotovator noche; aunque cuando se estudiaba la biomasa producida por las hierbas por unidad de superficie las diferencias no eran significativas. Se apreciaron diferencias significativas con respecto algunas especies, el mayor cambio se debía al tratamiento con herbicida que producía un cambio de flora, disminuyendo algunas especies y aumentando otras.

Las siegas: Su efecto en los cultivos vegetales, en los leñosos o herbáceos perennes, es la eliminación de especies de porte erecto, poco a poco la flora se va adaptando a la frecuencia de los cortes y comienza una invasión de las anuales de invierno, (*Capsella*, *sonclus*), con poca latencia (*Bromus*, *Poa*), Bianauals (*Taraxacum*), vivaces (*Rumex*, *Cynodon*), anuales de porte rastrero (*Amaranthus blitoides*), o con gran capacidad de rebrote (*Aster*).

La evolución de las cubiertas vivas en nuestros experimentos leñosos, con dos siegas en primavera (abril y mayo) se observó al principio del experimento en las parcelas en la que se dejaron crecer libremente las malas hierbas la existencia de 46 especies, con un recubrimiento cercano a un 80% y con el 20% restante de suelo desnudo. En estas parcelas destacaba por su abundancia *Diplotaxis catholica* con un recubrimiento superior al 35%. También tenían un recubrimiento elevado (superior al 10%) *Mibora minima* y *Spergula pentandra*. Y con un recubrimiento comprendido entre el 1 y el 5 % aparecieron: *Echium plantagineum*, *Erodium cicutarium*, *Cerastium glomeratum*, *Sonchus oleraceus*, *Lactuca serriola*, *Spergula arvensis*, *Spergularia rubra*, *Stellaria media*, *Capsella bursa-pastoris*, *Anacyclus clavatus*, y *Cynodon dactylon*.

En la tabla 2 puede observarse la evolución del recubrimiento herbáceo de las parcelas con cubierta de malas hierbas, y de trébol subterráneo. En las primeras el porcentaje de suelo desnudo permaneció elevado (52-53%) los dos primeros años de observación y descendió luego al 18-20%. El suelo desnudo en las parcelas con trébol subterráneo osciló entre el 5 y el 14%, dependiendo bastante del régimen de precipitaciones del año.

Tabla 2.- Evolución del recubrimiento (Rto.) herbáceo en las parcelas con cubierta vegetal a lo largo de cuatro años en cultivo leñosos.

Recubrimientos	Cubierta malas hierbas				Cubierta trébol			
	1997	1998	1999	2000	1997	1998	1999	2000
Rto malas hierbas	47±2	45±8	74±7	52±6	36±4	28±3	29±7	26±9
Rto trébol subterráneo	-	-	3±1	7±1	49±6	65±8	57±8	64±12
Rto otras leguminosas	1±1	2±0	4±1	21±4	1±1	2±0	2±0	2±0
Recubrimiento total	48±2	47±9	81±8	80±6	86±8	95±3	88±9	92±5
Suelo desnudo	52±2	53±9	18±8	20±5	14±9	5±2	12±9	8±5

En las parcelas con cubierta de trébol subterráneo el recubrimiento total de la vegetación ya fue superior al 85% a partir del primer año y se mantuvo así los otros tres. En estas parcelas el recubrimiento de trébol subterráneo oscila de año en año, dependiendo del régimen de precipitaciones, pero desde el 1<sup>er</sup> año ya alcanzó el 50%. En la cubierta con malas hierbas, destaca el aumento gradual de leguminosas a partir del 1<sup>er</sup> año, con un salto importante el 4º año.

Tanto en las cubiertas de malas hierbas como en las cubiertas de trébol subterráneo, las dos especies que más aumentan al paso de los años son: *Cynodon dactylon* (grama) y *Leontodon taraxacoides*. También lo hacen en menor grado, *Vulpia myuros*, *Andryala integrifolia*, *Hordeum murinum* y *Bromus tectorum*. Se observa también en las parcelas de malas hierbas el aumento de *Rumex bucephalophorus* el 4º año. Y en el aspecto positivo el aumento ya mencionado de las especies del grupo otras leguminosas: *Ornithopus compressus*, *Trifolium glomeratum*, *T. hirtum* y especialmente *T. arvense* (un 18%).

b) Térmicas: Quema de rastrojo

- Gas con llama directa: el principio de acción es la coagulación de la proteínas al sobrepasar temperaturas de 70 °C con el consiguiente estallido de células vegetales. Es esencial en la agricultura ecológica de países húmedos. Este método fue muy experimentado en USA en los años 60 y cayó en desuso a medida que se iba extendiendo el uso de herbicidas.
- Biológicas: a pesar de que se trabaja desde hace años en el control biológico de malas hierbas, en pocas ocasiones se han conseguido aplicaciones agrícolas

c) Ganado: el pastoreo de rastrojos o de cultivos arbóreos

## BIBLIOGRAFÍA

- ALTIERI, M.A. (1999) Agroecología, Bases científicas para una agricultura sustentable, Nordan-Comunidad, Montevideo. 338 pp
- BENAIGES, C. (1964) Agricultura productiva: Técnicas coordinadas para lograr mayores cosechas y mejores tierras. Ministerio de Agricultura; Madrid. 854 pp.
- CPRH-COMITÉ DE PREVENCIÓN DE RESISTENCIAS A HERBICIDAS. Sociedad Española de Malherbología. (1999). La resistencia de las malas hierbas a los herbicidas. Triptico divulgativo.
- DORADO, J., DEL MONTE, J.P. y LÓPEZ-FANDO, C., (1997). Efectos de la rotación de cultivos y los sistemas de laboreo sobre la flora arvense en ambiente semiárido. Actas, Congreso Sociedad Española de Malherbología, Valencia, pp 41-46.
- DORADO, J., LACASTA, C., MECO, R., (1994) Relaciones Entre tipo de labor y malas hierbas en un sistema cerealista. *Prácticas Ecológicas para una Agricultura de Calidad*. Actas I Congreso de la SEAE, 172-182.
- EGGERS, T. (1987) Environmental impact of chemical weed control in arable fields in the Federal Republic of Germany. British Crop Protection Conference. Proc. Vol. 1: 267-276.
- FRANKLAND, B., TAYLORSON, R. (1983) light control of seed germination. Photomorphogenesis. Encyclopedia of Plant Physiology (W. Shopshire, H. Mohr, eds.): 428-456.
- FERNÁNDEZ- QUINTANILLA, C. (1999) Buenas Prácticas agrícolas para el control de malas hierbas en cereales de invierno. Control integrado de malas hierbas. Ed. Fernández Quintanilla, Garrido y Zaragoza, 93-103.
- GARCIA MURIEDAS, G., ESTALRICH, E., LACASTA, C., MECO, R. (1997). Efecto de las rotaciones de cultivos herbáceos de secano sobre las poblaciones de la flora arvense. Actas, Congreso Sociedad Española de Malherbología, Valencia. 33-36.
- GARCIA TORRES, L. (1999) Buenas prácticas agrícolas para el control de malas hierbas en girasol. Control integrado de malas hierbas. Ed. Fernández Quintanilla, Garrido y Zaragoza, 131-140.
- GOLDSTEIN, W.A. and YOUNG, D.L. (1987) An agronomic and economic comparison of a conventional and a low-input cropping system in the Palouse. American Journal of Alternative Agriculture, 2:51-56.
- GONZALEZ PONCE, R. (1995) Malas hierbas. Investigaciones sobre el secano en Castilla La Mancha. Ed. Lacasta. CSIC, 20-21
- LACASTA, C. y MECO, R., (1996) Efecto de diferentes labores y rotaciones en un suelo arcilloso sobre la producción de cultivos herbáceos en Castilla-La Mancha : 12 años de experimentación. Actas Congr, Nac. Agric. Conser. Pag. 147-151.



- LACASTA, C., (1995) Investigaciones sobre el secano en Castilla-La Mancha, CSIC, 1995.
- LACASTA, C., G. GARCÍA MURIEDAS, E. ESTALRICH, R. MECO (1997) Control mecánico de adventicias en cultivos herbáceos del secano. *Actas, Congr. Sociedad Española de Malherbología* : 37-40.
- LEGASA, A. (1992) Cultivo ecológico de la vid y algunos aspectos de vinificación según la normativa CRAE. Ed. Asociación Bio Luz Navarra.
- LIPPOLD, H. and MOUCHOVA, H. (1994) Experiments with 15-N at the role of the extractable organic soil-N in the process of the nitrogen supply. *Agrobiological Research*, V. 47 : 3-4, pp 208-213.
- LISA , L (1995) Essais d 'enherbement por le controle de l'érosion du sol dans des vignoles du piemont. *Reunion Groupe E VRS " vignobles"*. Fribourg
- LISSARRAGUE, J.R. (1997) Necesidades de agua de la vid, consecuencias del estrés hídrico y del riego en el viñedo. *Agricultura*, nº 785, 943-950
- MECO, R., LACASTA, C., ESTALRICH, E. GARCÍA MURIEDAS, G. (2000) La Agricultura ecológica en cereales, una alternativa para zonas semiáridas. *Una alternativa para el mundo rural del tercer milenio. Actas del III Congreso SEAE*, 83-94.
- NOGUEROLES, C., ZARAGOZA, C. (1999) Buenas practicas agrícolas para el control de malas hierbas en agricultura ecológica. Control integrado de malas hierbas. Ed. Fernández Quintanilla, Garrido y Zaragoza, 185-205.
- SCOPEL, A.L.,BALLARE, C.L., SÁNCHEZ, R.A., (1991) Induction of externe light sensitivity in buried weed seeds and its role in the perception of soil cultivations. *Plant, Cell and Environment*, 13: 287-294.
- VALERA, F., REY, P., MARTINEZ, A., ALCANTARA, J. (1999) El uso de herbicidas y la conservación del medio ambiente: efectos sobre la flora y la fauna. Control integrado de malas hierbas. Ed. Fernández Quintanilla, Garrido y Zaragoza, 23-35.
- ZARAGOZA, C. (1998) Ecología y control de la flora arvense. *Agricultura Ecológica y Desarrollo Rural*. Actas del II Congreso de la SEAE. Pamplona-Iruña 1996, 51-63.
- ZARAGOZA, C., DELGADO, I. (1996) Un ensayo de coberturas vegetales en viña. *ITEA* 17, 404-405.
- ZARAGOZA, C., AIBAR, J., CAVERO, P., CIRIA, P., CRISTÓBAL, M.V., DE BENITO, A., GARCÍA MARTÍN, A., GARCÍA MURIEDAS, G., HERNÁNDEZ, J., LABRADOR, J., LACASTA, C., LAFARGA, A., LEZAUN, J.A., MECO, R., MOYANO, A., NEGRO, M.J., SOLANO, M.L., VILLA, F. Y VILLA, I. (2000) Manejo ecológico de agrosistemas en secanos semiáridos. Resultados de doce ensayos sobre fertilización y escarda. *Una alternativa para el mundo rural del tercer milenio. Actas del III Congreso SEAE*, 75-82.